كل ما يجب حفظه في وحدة التركيب الضوئي



النشاط 1: تذكير بالمكتسبات

- **تعريف عملية التركيب الضوئي:** آلية يتم فيها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في الجزيئات العضوية.
- **شروط عملية التركيب الضوئي:** لا تحدث عملية التركيب الضوئي إلا بتوفر شروط ثلاثة: اليخضور، الضوء والـ CO_2.
- **مظاهر عملية التركيب الضوئي:** أثناء قيام الخلية النباتية بعملية التركيب الضوئي فإنه يظهر: امتصاص الـ CO_2 والماء، طرح الـ O_2 وتركيب المادة العضوية.
- **المعادلة العامة لعملية التركيب الضوئي**
  - **معادلة تركيب الغلوكوز:** $6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$
  - **معادلة تركيب النشاء:** $n(CO_2) + 2n(H_2O) \rightarrow (CH_2O)n + nO_2 + nH_2O$

النشاط 2: مقر عملية التركيب الضوئي

- **مقر عملية التركيب الضوئي:** تتم تفاعلات التركيب الضوئي داخل الصانعة الخضراء.
- **وصف بنية الصانعة الخضراء:** عضية ذات شكل بيضوي محاطة بغشائين بلاستيديين خارجي وداخلي يحصر بداخله سائل يسمى المادة الأساسية أو الحشوة أو ستروما. تحتوي الحشوة على صفائح بعضها كبيرة تسمى صفائح حشوية والبعض الآخر صغيرة تسمى كييسات أو تيلاكويد. تتوضع فوق بعضها مشكلة الغرانا أو البذيرات. تحتوي الحشوة كذلك على حبيبات نشوية، ADN، وريبوزومات.
- **المميزات البنيوية للصانعة الخضراء**
  - **ذات بنية حجيرية:** لأنها مقسمة إلى ثلاث فراغات: 1- المسافة بين الغشائين، 2- التجويف الذي تملأه الحشوة، 3- تجويف الكييسات.
  - اختلاف التركيب الكيموحيوي لكل من أغشية التيلاكويد والحشوة.
- **طبيعة تفاعلات عملية التركيب الضوئي:** أكسدة إرجاعية (أكسدة الماء وإرجاع الـ CO_2).

النشاطين 3 – 4: مراحل عملية التركيب الضوئي

	المرحلة الكيموضوئية	المرحلة الكيموحيوية (حلقة كالفن وبنسون)
تعليل تسمية المرحلة	**كيموضوئية:** سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية يشترط حدوثها توفر الضوء	**كيموحيوية:** سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية لا تتطلب الضوء بشكل مباشر
المقر	غشاء التيلاكويد (السلسلة التركيبية الضوئية)	الحشوة
الشروط	**خارجية:** الضوء **داخلية:** التيلاكويد، مستقبل الالكترونات، ADP وPi، بالإضافة للانزيمات	**خارجية:** CO_2 **داخلية:** نواتج المرحلة الكيموضوئية (ATP و $NADPH,H^+$)، بالإضافة للانزيمات
النتائج	انطلاق الـ O_2، إرجاع مستقبل الالكترونات $NADPH,H^+$، تركيب الـ ATP	تركيب سكريات، تجديد مرافق الإنزيم $NADP^+$ وADP + Pi
البنيات والجزيئات المتدخلة ودورها	**أنظمة ضوئية:** تقتنص الفوتونات الضوئية وتحرر الكترونات (تتأكسد) **نواقل الالكترونات:** تنقل الالكترونات المتحررة. **الكرية المذنبة:** تركب الـ ATP **مرافق الانزيم $NADPH,H^+$:** ينقل الالكترونات والبروتونات اللازمة لحدوث المرحلة الكيموحيوية (إرجاع الـ CO_2). **إنزيمات:** إنزيم أكسدة الماء، وإنزيم NADP ريدوكتاز لإرجاع مرافق الانزيم $NADP^+$.	**المركب ريبيلوز ثنائي الفوسفات RuDP:** مادة أيضية وسيطة يدمج معها الـ CO_2 لبدأ سلسلة تفاعلات حلقة كالفن وبنسون. **إنزيم ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز Rubisco:** يدمج الـ CO_2 مع RuDP. **مرافق الانزيم $NADPH,H^+$:** نقل البروتونات والالكترونات اللازمة لتفاعلات الإرجاع . **ATP:** فسفرة المواد الأيضية الوسيطة.
المعادلة	$H_2O + NADP^+ + ADP + Pi \rightarrow 1/2O_2 + NADPH,H^+ + ATP$	$6CO_2 + 18ATP + 12NADPH,H^+ \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 18ADP + 6Pi + 12NADP^+$

المرحلة الكيموضوئية

- **بنية غشاء التيلاكويد:** يتكون غشاء التيلاكويد من طبقة فوسفوليبيدية مضاعفة تحتوي على نظامين ضوئيين PSI وPSII، نواقل الألكترونات وإنزيم الـ ATP سنتاز. يسمى مجموع هذه المركبات **بالسلسلة التركيبية الضوئية.**

- **النظام الضوئي:** معقد بروتيني ضمن غشاء الكييس يحتوي على عدد كبير من جزيئات أصبغة التركيب الضوئي (اليخضور وأشباه الجزرين).

- **المصدر الأول للالكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية:** جزيئة الماء H_2O.

- **مصدر الـ O_2 المنطلق هو:** أكسدة جزيئة الماء.

- **المستقبل الأخير للالكترونات:** في الصانعة الخضراء: مرافق الانزيم النيكليوتيد أمين ثنائي نيكليو فوسفات $NADP^+$. تجريبيا: مستقبل اصطناعي مثل فيروسيانور البوتاسيوم.

- **آلية انتقال الالكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية:** تنتقل تلقائيا في نواقل متزايدة كمون الأكسدة والإرجاع.

- **طيف الامتصاص وطيف النشاط**

- يتكون الضوء الأبيض المرئي من سبعة إشعاعات (أطياف) تتغير أطوال موجاتها من 400 إلى 700 نانومتر، وهي على الترتيب: الأزرق، البنفسجي، النيلي، الأخضر، الأصفر، البرتقالي، الأحمر.

- **طيف الامتصاص:** تمتص جزيئات اليخضور الإشعاعات الضوئية بشدات مختلفة، فهي كبيرة في الإشعاعت الطرفية وأقل في الاشعاعات الوسطية وقليلة جدا في الاشعاع الأخضر.

- **طيف النشاط (شدة عملية التركيب الضوئي):** كلما زادت شدة الامتصاص زاد النشاط. فالإشعاعات الأكثر امتصاصا هي الأكثر فعالية في عملية التركيب الضوئي.

- **التفلور أو الاستشعاع:** يكتسب إلكترون من جزيئة اليخضور طاقة - فوتونات ضوئية - فينتقل من مداره الأصلي إلى مدار ذو مستوى طاقوي أعلى منه وتصبح جزيئة اليخضور في حالة تهيج. بعد زمن قصير جدا يعود إلى مداره الأصلي ويحرر الطاقة المكتسبة على شكل إشعاع أحمر (حالة استقرار).

- **آلية عمل النظام الضوئي:** يتكون النظام الضوئي من عدد كبير من الأصبغة الهوائية وصبغتين لمركز التفاعل. تستقبل كل صبغة هوائية فوتونات ضوئية فتتهيج وينتقل الكترون من مدار داخلي الى مدار خارجي. يعود الالكترون إلى مداره الأصلي وتتحرر منه الطاقة المكتسبة وتنتقل إلى صبغة هوائية مجاورة فتهيجها وهكذا... تصل الطاقة إلى صبغة مركز التفاعل فتتهيج بدورها وتحرر الكترون غني بالطاقة (اكسدة).

- **دور الأصبغة الهوائية:** التقاط الفوتونات الضوئية ونقلها لأصبغة مركز التفاعل.

- **دور أصبغة مركز التفاعل:** تتجمع فيها الطاقة الملتقطة من مختلف الجزيئات الهوائية وتتأكسد محررة إلكترون ذو طاقة عالية.

- **آلية المرحلة الكيموضوئية:** في وجود الضوء "يتأكسد" النظامان الضوئيان PSI وPSII ويحرر كل منهما إلكترونين.

بعد ذلك، تحدث "أكسدة الضوئية للماء" وفق المعادلة ($H_20 \rightarrow 2H^+ + 2é + 1/2O_2$). يطرح الـ O_2 في الوسط وترجِعُ الالكرونات النظام الضوئي الثاني $PSII^+$. تنتقل الالكترونات إلى النظام الضوئي الأول PSI^+، ثم إلى المرافق الانزيمي $NADP^+$ الذي يرجَع بواسطة الانزيم "NADP ريدوكتاز"وفق المعادلة ($NADP^+ + 2H^+ + 2é \rightarrow NADPH,H^+$).

تتراكم البروتونات في تجويف الكييس الناتجة من أكسدة الماء، كما أن الناقل T2 يضخ البروتونات كذلك أثناء انتقال الالكترونات، فيصبح تركيزها في التجويف أكبر من الحشوة، وبالتالي تنتشر على شكل سيل من البروتونات الخارجة عبر الـ ATP سنتاز. تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات الخارجة بفسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي وفق المعادلة ($ADP + Pi \rightarrow ATP + H_2O$). تسمى هذه العملية **بالفسفرة الضوئية.**

المرحلة الكيموحيوية

- **الكروماتوغرافيا:** تقنية تستعمل لفصل مكونات خليط ما حسب وزنها الجزيئي.

- **حلقة كالفن وبنسون:** يثبت الـ CO_2 على جزيئة خماسية الكربون: الريبولوز ثنائي الفوسفات (RuDP) مشكلا مركب سداسي الكربون الذي ينشطر سريعا إلى جزيئتين بثلاث ذرات كربون هو حمض الفوسفوغليسيريك (APG).

- **يراقب دمج الـ CO_2 بواسطة الإنزيم:** الريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (Rubisco).

- **العلاقة بين APG وRuDP**

في وجود الضوء والـ CO_2: يتحول الـ APG والـRuDP إلى بعضهما بشكل حلقي (ثبات ديناميكي).

في وجود الـ CO_2 فقط: يتشكل الـ APG انطلاقا من الـRuDP ، فيتراكم الـ APG وينفذ الـ RuDP.

في وجود الضوء فقط: يحدث العكس، يتجدد الـ RuDP انطلاقا من الـ APG، فيراكم الـ RuDP وينفذ الـ APG.

